

Tomasz W. Pyrcz

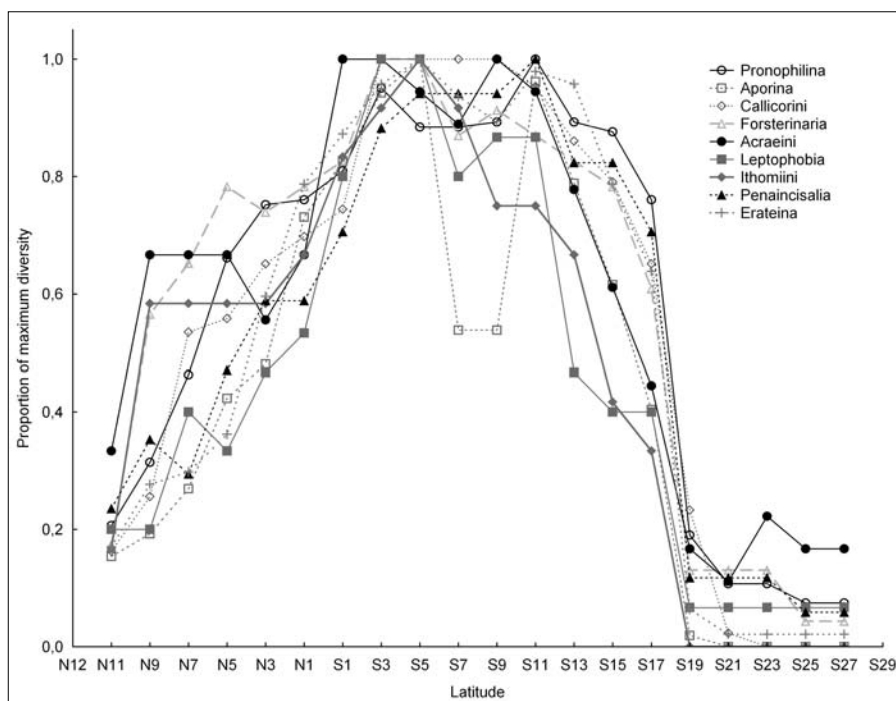
Uniwersytet Jagielloński, Muzeum Zoologiczne
ul. Ingardena 6, 30-060 Kraków
e-mail: tomasz.pyrcz@uj.edu.pl

Peru – kraj megaróżnorodny: motyle andyjskie jako grupa modelowa

Bioróżnorodność jest jednym z najważniejszych zagadnień biogeografii – jednej z dziedzin biologii i geografii – a także istotnym problemem geopolityki globalnej. Choć zagadnienia, których dotyczy to pojęcie, stanowiły przedmiot zainteresowania biologów od ponad 100 lat, to sam termin „bioróżnorodność” został sprecyzowany niedawno temu, bo w roku 1980, w pracy Thomasa Lovejoya, i dopiero od tego czasu funkcjonuje powszechnie w terminologii naukowej i politycznej. Zgodnie z definicją różnorodność biologiczna to zróżnicowanie wszystkich żywych organizmów występujących na Ziemi, we wszelkiego typu ekosystemach, zarówno lądowych, jak i wodnych, w tym glebowych, słono- i słodkowodnych. Można ją rozważać na trzech poziomach organizacji: ekosystemów, w obrębie gatunku (organizacja genetyczna) lub pomiędzy gatunkami. Ta ostatnia, często utożsamiana z sumą gatunków na danym obszarze, jest najczęściej rozumianym wymiarem bioróżnorodności.

Obszary „*hot-spot* bioróżnorodności” oraz „kraje megaróżnorodne” to inne pojęcia z pogranicza biologii i geopolityki globalnej. Za autora pierwszego terminu uważa się Franka Myersa, który po raz pierwszy użył go w literaturze naukowej w 1988 roku. Oficjalnie definicja obszaru *hot-spot* została przyjęta na Szczycie Ziemi w Rio w 1992 roku. Jest to obszar, na którym występuje co najmniej 1500 endemicznych gatunków roślin, a który utracił 70% pierwotnej szaty roślinnej. Kraj megaróżnorodny to ten, na którego powierzchni występuje wyjątkowo duża liczba gatunków zwierząt i roślin (definicja „Conservation International” z 1998 r.). Na obszarze 17 krajów występuje 70% wszystkich gatunków lądowych zwierząt i roślin świata. Kwestia uznania lub nie za kraj megaróżnorodny jest istot-

na z punktu widzenia realizacji partykularnej polityki poszczególnych państw, gdyż wiąże się ze swego rodzaju prestiżem na arenie międzynarodowej, głównie jednak ma konkretne reperkusje finansowe, gdyż wspomaga to inwestycje w dziedzinie szeroko rozumianej ochrony środowiska. Fakt, że ten lub inny kraj jest zaliczany do elitarnego klubu „megaróżnorodnych”, zależy często nie od faktycznego potencjału biotycznego, jakim dysponuje, ale raczej od skuteczności jego dyplomacji oraz wagi na arenie ONZ. I tak Malesja jest uznawana za kraj megaróżnorodny, tymczasem sąsiadująca Tajlandia już nie, choć z punktu widzenia *stricte* biologicznego, zróżnicowania ekologicznego i liczby gatunków zwierząt Tajlandia jest niewątpliwie bardziej różnorodna od Malesji. W sumie 17 krajów zalicza się do grupy megaróżnorodnych. Najwięcej spośród nich, bo aż pięć, czyli Brazylia, Wenezuela, Kolumbia, Ekwador oraz Peru, znajduje się na kontynencie południowoamerykańskim. Ze względów czysto politycznych



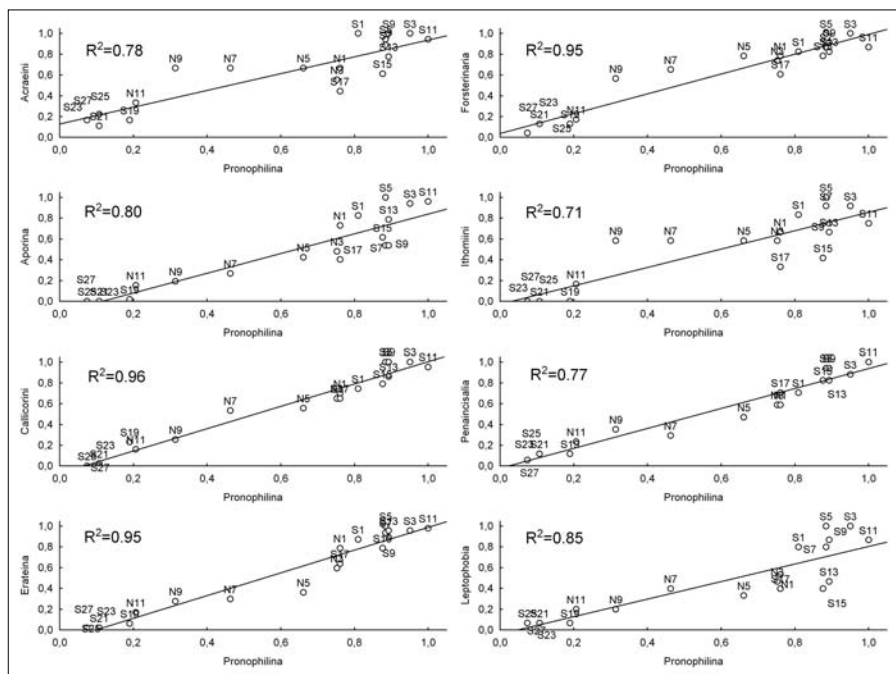
Ryc. 1. Różnorodność gatunkowa dziewięciu grup taksonomicznych motyli mierzona wzdłuż transektów na poszczególnych szerokościach geograficznych oraz odpowiadający im wzorzec różnorodności gatunkowej wzdłuż wschodnich stoków Andów

Źródło: Tomasz W. Pyrcz, niepublikowane.

do kategorii tej nie jest zaliczana Boliwia, choć z biologicznego punktu widzenia taki status niewątpliwie się jej należy. Porównywanie pomiędzy sobą krajów megaróżnorodnych jest bardzo skomplikowane, gdyż przede wszystkim znacznie różnią się one od siebie pod względem powierzchni.

W badaniach bioróżnorodności w skali lokalnej, regionalnej i globalnej stosuje się różne metody obliczeniowe oparte na metodach statystycznych. Mogą to być metody obszarowe lub międzyobszarowe, w których różnorodność wyraża się liczbą gatunków lub przekształconymi wskaźnikami różnorodności, przy czym bierze się pod uwagę także wielkość próby oraz proporcje liczebności poszczególnych gatunków. W badaniach obszarowych podaje się liczbę gatunków w standardowych polach, tak zwanych OGU (*Operational Geographic Unit*), na przykład kwadratach o bokach 20×20 km lub 50×50 km itp., lub w obrębie pól siatki geograficznej.

Niektóre grupy organizmów są szczególnie przydatne w ocenie i szacunkach bioróżnorodności na szczeblu gatunkowym. Są to tak zwane gru-



Ryc. 2. Wykres rozrzutu przedstawiający zależności pomiędzy wzorcami różnorodności pomiędzy wybranymi grupami taksonomicznymi motyli wzdłuż wschodnich stoków Andów

Źródło: Tomasz W. Pyrzc, niepublikowane.

py wskaźnikowe, które muszą się charakteryzować konkretnymi cechami, takimi jak duża liczebność gatunkowa, dobry poziom wiedzy na temat ich taksonomii i systematyki, dobra znajomość wzorców rozmieszczenia oraz szybkie pozyskiwanie danych na temat ich występowania w terenie.

Jedną z najczęściej stosowanych grup wskaźnikowych są motyle. Dlaczego? Jest to grupa bardzo liczna pod względem gatunkowym. Obecnie w obrębie rzędu łuskoskrzydłych znanych jest około 200 tys. gatunków. Najczęściej badania bioróżnorodności ograniczają się jednak do motyli dziennych, których znamy około 18 tys., a to ze względu na dużo lepszy stan poznania ich systematyki oraz zasięgów geograficznych. Motyle dzienne są również bez porównania łatwiejsze do szybkiej identyfikacji, co jest jednym z najważniejszych warunków grupy wskaźnikowej. Inne częściej wykorzystywane taksony wskaźnikowe to kręgowce, w szczególności ssaki, ptaki i gady, oraz rośliny okrytonasienne. Motyle stanowią 1/85 wszystkich opisanych gatunków owadów. Inne owady wykorzystuje się rzadziej, gdyż choć liczne, są dość słabo poznane pod względem systematycznym. Dotyczy to na przykład chrząszczy – najliczniejszej grupy owadów, spośród których zdecydowana większość występująca na obszarach tropikalnych jest nadal nieznana. Szacuje się, że liczba gatunków owadów jest co najmniej trzy razy większa. W Ameryce Południowej występuje jedna trzecia wszystkich gatunków motyli świata, przy czym w samym Peru aż trzy czwarte z około 6 tys. gatunków znanych z Ameryki Południowej! W Peru występuje także najwięcej gatunków motyli spośród wszystkich krajów świata – według ekstrapolacji opartych na procencie motyli dziennych do ogólnej liczby gatunków owadów – ponad 1 mln gatunków tej gromady zwierząt.

Muzeum Zoologiczne prowadzi w Ameryce Południowej od 1994 roku, a w Peru od 1998 roku badania naukowe poświęcone taksonomii i biogeografii motyli oraz bioróżnorodności. Została wówczas zorganizowana pierwsza wyprawa naukowa w góry departamentu Amazonas w północnej części kraju. W wyniku badań faunistycznych tego mało znanego obszaru Andów zostało odkrytych i opisanych ponad 50 nowych gatunków motyli z rodziny Nymphalidae i Lycaenidae. W 2002 roku została podpisana umowa o współpracy naukowej pomiędzy Muzeum Zoologicznym reprezentującym Uniwersytet Jagielloński a Muzeum Historii Naturalnej reprezentującym Uniwersytet Świętego Marka w Limie. Podobne umowy zostały podpisane przez Uniwersytet Jagielloński na szczeblu instytutowym, wydziałowym lub centralnym z kilkoma innymi

uniwersytetami i instytutami naukowymi w krajach Ameryki Południowej, w szczególności w Wenezueli, Ekwadorze, Kolumbii i Boliwii. W wyniku tej współpracy opublikowano do tej pory około 150 prac naukowych dotyczących fauny motyli bioróżnorodności Andów. Opisano ponad 350 nowych taksonów motyli, w tym 160 gatunków, czyli więcej, niż liczy cała fauna motyli (*Rhopalocera*) Polski.

Różne badania wielu grup systematycznych zwierząt i roślin wskazują, że Andy tropikalne są obszarem największej bioróżnorodności na obszarach lądowych Ziemi. Także badania motyli prowadzone przez G. Lamasa z Muzeum Historii Naturalnej w Limie i współautorów na podstawie wskaźników różnorodności obszarowej potwierdzają tę tezę. Ściślej mówiąc, wskazują one, że takim obszarem są wschodnie podnóża Andów. Brakuje jak dotąd dokładnych badań opisujących bardziej wyczerpująco i interpretujących geograficzne wzorce różnorodności motyli w Andach.

Zadano wobec tego pytanie badawcze: czy różnorodność motyli wzdłuż całej kordyliery Andów w pasie tropikalnym ciągnącym się od północnej Wenezueli po północną Argentynę jest rozłożona równomiernie? Jeśli nie, to czy można opisać równoleżnikowe wzorce różnorodności i zidentyfikować szerokość geograficzną, na której różnorodność jest najwyższa? Przebadano w tym celu faunę motyli w 20 stanowiskach położonych na wschodnich stokach Andów co dwa stopnie szerokości geograficznej. Na każde „stanowisko” składała się kompletna fauna gatunków motyli z dziewięciu grup wskaźnikowych wzdłuż transektu wysokościowego 1000–4000 m nad poziomem morza. Tego typu metodologia jest uzasadniona, gdyż beta-różnorodność w Andach jest bardzo wysoka, co oznacza, że wymiana gatunkowa pomiędzy różnymi piętrami wysokości jest bardzo istotna. Metoda transektu wysokościowego pozwala uniknąć błędów metodologicznych metod obszarowych, które – poprzez stosowanie standardowych pól siatki geograficznej (OGU) – mogą prowadzić do artefaktów metodologicznych, polegających między innymi na sztucznym kreowaniu obszarów o wyjątkowo wysokiej różnorodności gatunkowej w wyniku scalania odrębnych obszarów faunistycznych (np. znajdujących się po dwóch stronach akwenu wodnego lub po przeciwnej stronie wysokich łańcuchów górskich). Tego typu błędów pozwala uniknąć metoda opisywania geograficznych wzorców różnorodności wzdłuż gradientu wysokości. Metoda transektu jest wyrażana liczbą gatunków, łączy ona zatem elementy metod między- i śródoobszarowych.

Przebadano łącznie zasięgi geograficzne 1140 gatunków motyli z dziewięciu grup występujących wyłącznie lub prawie wyłącznie na obszarach górskich krainy neotropikalnej. Najbardziej liczebną zbadaną grupą było plemię *Pronophilini* należące do podrodziny oczennicowatych rodziny rusałek. Podstawą badań były zbiory naukowe Muzeum Zoologicznego UJ, uzupełnione o dane pochodzące z kilkudziesięciu zbiorów naukowych prywatnych i państwowych w Europie, Stanach Zjednoczonych i Ameryce Południowej.

Stwierdzono przede wszystkim, że różnorodność motyli w Andach jest rozłożona bardzo nierównomiernie. Różnice pomiędzy stanowiskami najmniej i najbardziej różnorodnymi mają charakter kilku rzędów wielkości. Dostrzeżono bardzo wyraźny gradient południkowy. Najmniejsza różnorodność występuje na krańcach północnych i południowych Andów tropikalnych. Wzrost różnorodności od północnej Wenezueli ku równikowi ma charakter niemal liniowy. Maksimum różnorodności wykazano w południowym Ekwadorze i północnym Peru (5–7°S) oraz środkowym Peru (11°S). Od środkowego Peru ku środkowej Boliwii ponownie różnorodność maleje niemal liniowo. Nagłe załamanie różnorodności następuje na południe od 17°S, czyli na obszarze „łokcia Andów” (ryc. 1).

Ponadto zaobserwowano, że wzorce różnorodności są zbieżne u wszystkich badanych grup gatunków motyli, mimo iż nie są one z sobą bliżej spokrewnione i korzystają z innych zasobów środowiska (ryc. 2).

Pierwsze maksimum różnorodności zaobserwowane w południowym Ekwadorze i północnym Peru, w tak zwanym regionie Zapadliska Huanacabamba, wynika bez wątpienia z dynamiki zasięgów. Jest to obszar, na którym kordyliera Andów jest najniższa i gatunki gdzie indziej występujące na przeciwnych stokach Andów tu lokalnie przenikają na wschód i zachód, powodując wzrost obserwowanych wartości.

O wiele bardziej skomplikowana jest, jak się wydaje, geneza drugiego największego szczytu różnorodności w środkowym Peru, w regionie Oxapampa w departamencie Pasco. Tu za pomocą analizy korelacji można także wykazać wpływ czynników obszarowych oraz klimatycznych. Wydaje się jednak, że największą rolę odgrywa czynnik geologiczny, czyli *timing* – usytuowanie w czasie orogenezy andyjskiej. Andy tropikalne są bowiem najstarsze właśnie w środkowym i południowym Peru, gdzie rozpoczęło się ich wypiętrzanie około 40 mln lat temu i najwcześniej osiągnęły one obecną wysokość. Stopniowo zaczęły się wypiętrzać ku północy, ale środowiska górskie, jak wskazują dane paleoekologiczne, powstały

w środkowej Kolumbii najwcześniej około 2 mln lat temu, a w Andach Wenezueli zaledwie 1,5 mln lat temu. Proces i *timing* orogenezy andyjskiej są wyraźnie zbieżne w czasie i przestrzeni z obserwowanymi wzorcami różnorodności motyli, których specjacja i radiacja następowała wraz z wypiętrzaniem się gór i dostępnością siedlisk górskich.

Badania różnorodności motyli andyjskich, opublikowane w 2013 roku, są kolejnym ważnym przyczynkiem w biogeografii globalnej. Wskazują one ze znacznie większą dokładnością oraz na podstawie większej próby, że pierwszym *hot-spot* bioróżnorodności obszarów lądowych Ziemi są wschodnie stoki Andów w środkowym Peru. Niestety, obszar ten znajduje się pod bardzo dużą presją antropogeniczną. Prowadzona na szeroką skalę rabunkowa gospodarka przestrzenna prowadzi do szybkiego zubażania potencjału biotycznego tego regionu i może w niedalekiej perspektywie spowodować wyginięcie wielu gatunków zwierząt i roślin, również motyli, w tym wielu gatunków dotąd nieopisanych naukowo.

Bibliografia

- Lamas G. 1994. *Megadiversidad biológica. Por qué hay tantas especies de mariposas en el Peru?* „Actas Academia nacional de Ciencia y Tecnologia” 2(2): 3–12.
- Pyrz T.W. 2004. *Pronophilina butterflies of the highlands of Chachapoyas in northern Peru: faunal survey, diversity and distribution patterns (Lepidoptera, Nymphalidae, Satyrinae)*. „Genus” 15(4): 455–622.
- Pyrz T.W., Willmott K., Garlacz R., Boyer P., Gareca Y. 2013. *The latitudinal gradient in species diversity of a tropical montane fauna: spatial covariance among Lepidoptera along eastern slopes of the Andes*. „Insect conservation and diversity” doi: 10.1111/icad.12058.